

Penetrométer a talaj mechanikai ellenállásának szabadföldi méréséhez

DVORACSEK MIKLÓS

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

A talajrétegek mechanikai ellenállásának mérésével mind elméleti, mind gyakorlati szempontból fontos és sokoldalúan felhasználható adatokat nyerünk.

A növények gyökereinek növekedése csak a talaj mechanikai ellenállásának leküzdésével mehet végbe. A gyökerek fejlődése a nagyobb mechanikai ellenállású talajrétegben nagyobb energiát igényel, a túl nagy ellenállású réteg pedig meg is állíthatja a további növekedést, illetve a gyökérzetnek a talaj mélyebb rétegeibe való behatolását [2, 3]. E káros jelenség élettani hatásai közismertek és végeredményként mindenképpen termésesőkhöz vezetnek.

Az egyes talajrétegek károsan nagy mechanikai ellenállásának kialakulásában természeti (talajgenetikai, hidrológiai stb.) tényezőkön kívül a helytelen emberi tevékenység (hibás agrotechnika) is nagy szerepet játszik.

Mivel a káros fizikai tulajdonságokkal rendelkező rétegek jelenlétét a talajfelszínen a legtöbb esetben semmilyen tünet sem jelzi, sőt a laboratóriumi vizsgálatok alapján is csak ritkán és közvetve lehet kimutatni, nagy jelentősége van az e rétegek felderítésére szolgáló dinamométerek alkalmazásának.

Dinamométerrel deríthető fel a helytelen agrotechnika következményeként kialakult eketalpréteg mélysége, vastagsága, erőssége, a felhalmozódási szint egyes talajtípusoknál károsan nagy mechanikai ellenállásának mértéke stb. Ezeknek a káros rétegeknek pontos felderítése és tulajdonságaik ismerete feltétlenül szükséges a megszüntetésüket célzó beavatkozás módjának kiválasztásához és elvégzéséhez. Ugyancsak dinamométerrel ellenőrizhető a végrehajtott művelet hatása.

Hasznos szolgálatot tehet a dinamométer a talajművelési munkák minőségi ellenőrzésénél (pl. a szántás és a korszerű agrotechnikában mindinkább tért hódító mélyművelés mélységének ellenőrzése), ér-

tékes adatokat szolgáltat új talajművelő eszközök tervezésénél stb.

Dinamométer típusok

A talaj mechanikai ellenállásának mérésére többféle dinamométert szerkesztettek. Ezek közül legismertebbek a rugós dinamométerek, de ismertek az egyéb elveken (hidraulikus, pneumatikus stb.) működő konstrukciók is.

A rugós dinamométerek (köztük a hazai Szelényi-féle típus) közös fogyatékossága, hogy működési elvénél fogva csak a növekvő ellenállású rétegeket regisztrálják. Ha egy nagyobb ellenállású réteget kisebb ellenállású réteg követ, ennek kisebb ellenállását nem érzékelik. Végeredményben tehát helytelen képet nyújtanak a talajszelvényen belüli mechanikai ellenállásváltozásokról. További hátrányuk a rugó nehézkes kalibrálása, valamint az, hogy csak kisebb talajmélységig (maximum 30–40 cm) használhatók. Mindezekon a hátrányokon műszaki tökéletesítéssel és komplikáltabb mérési módszerrel lehet ugyan segíteni, ez azonban túlságosan költségessé és nehézkesen kezelhetővé tenné ezt a típust.

A hidraulikus és egyéb (pl. pneumatikus) alapelveken működő dinamométerek ugyan csak költséges, komplikált szerkezetűek és ennél fogva nehezek, szállításuk a terepen kényelmetlen. Elterjedésük ezért nem várható.

A gyakorlati követelményeknek (nagy hatásmélység, egyszerűség, könnyű kezelhetőség, kis önsúly stb.) és egyúttal a korszerű igények szabta pontosságnak megfelelő műszert ezért elsősorban az ún. ejtősúlyos penetrométer típusból lehet kifejleszteni. Ennél a típusnál a talajba hatoló szonda szárán hossz tengelyében kifűrt súly mozgatható. A száron felhúzott súly elengedésekor leesik és ráüt a szondára, s ezzel mintegy „bekalapálja” a talajba.

Az ejtősúlyos penetrométert néhány kutató [5] kvalitatív mérésekhez alkalmazta (az adott talajmélység eléréséhez szükséges ütőszámokat hasonlították össze), sőt próbálkoztak a mérés kvantitatívval tételével is [1]. Az ejtősúly súlyának, az ejtési magasságnak, a szondacsúcs keresztmetszeti felületének és az ütésenkénti behatolás mélységének ismeretében a talaj kg/cm²-ben kifejezett mechanikai ellenállását az alábbi összefüggésből számították:

$$Q = \frac{S \cdot H}{h \cdot a} \quad 1.$$

ahol

Q = a talaj mechanikai ellenállása (kg/cm²),

S = az ejtősúly súlya (kg),

H = az ejtési magasság (m),

h = a behatolás mértéke (cm),

a = a szondacsúcs keresztmetszeti felülete (cm²).

Ez a számítási mód azonban nem helyes, mert nem veszi tekintetbe a szonda tömegét. Márpedig a munkavégző erő, vagyis a szonda mozgási energiája — és ezáltal a szonda behatolási mélysége — azonos tömegű ejtősúly és ejtési magasság esetében is a szonda egyéb, mozgásba kerülő részeinek tömege szerint változik.

A Dvoracek-féle ejtősúlyos penetrométer

1. Mérési elv

A korszerű ejtősúlyos penetrométer szerkesztéséhez elsősorban a mérési elvet kellett tökéletesíteni. Az 1. képletet tehát módosítani kellett, hogy abban a szonda tömegének hatása is kifejezésre jusson.

A munkavégző erő tényleges nagysága az egész műszer mozgó tömegéből és sebességéből számítható:

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = v \cdot (m_1 + m_2), \quad 2.$$

ahol

m_1 = az ejtősúly súlya (kg),

m_2 = a szonda egyéb részeinek súlya (kg),

v_1 = az ejtősúly sebessége az ütközés pillanatában ($v_1 = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot H}$, amelyben a H az ejtési magasság m-ben),

v_2 = a szonda egyéb részeinek sebessége az ütközés pillanatában (vagyis $v_2 = 0$),

v = a szonda mozgó tömegének sebessége m/sec-ban.

A 2. képletből a közös sebesség:

$$v = \frac{m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2}{m_1 + m_2}$$

ebből a szonda mozgási energiája (E) joule-ban

$$E = \frac{v^2 \cdot (m_1 + m_2)}{2},$$

illetve mkp-ban

$$\frac{v^2 \cdot (m_1 + m_2)}{20} \quad 3.$$

Mivel azonban a behatolási mélységet nem méterben, hanem cm-ben célszerű mérni, a 3. képletet 100-zal szorozni kell:

$$\frac{v^2 \cdot (m_1 + m_2)}{20} \cdot 100 = 5 v^2 \cdot (m_1 + m_2) \quad 4.$$

Az 1. képlet számlálójában tehát az $S \cdot H$ érték helyett ennek az értéknek (4. képlet) kell szerepelnie.

A talaj kg/cm²-ben kifejezett ellenállása (Q) tehát:

$$Q = \frac{5 v^2 \cdot (m_1 + m_2)}{h \cdot a} \quad 5.$$

A szonda behatolási mélységét, vagyis a mért ellenállás nagyságát a szonda csúcsának nyílásszöge természetesen befolyásolja. Ezért konvencióként kell elfogadnunk egy meghatározott nyílásszöget. A szondacsúcs nyílásszöge dinamométerünkben 60°.

2. A készülék leírása

A készülék hatásmélysége 1 m. A komplett berendezés két egységből áll. Ezek:

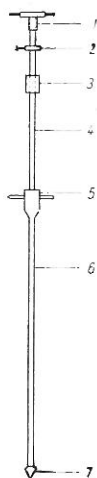
a) A talajba hatoló szonda az ejtősúllyal és az írószerkezettel.

b) Állvány az adatok regisztrálására szolgáló papírszalag részére.

a) A szonda és az ejtősúly (1. ábra). Az 1 m hosszú, célszerűen 10 mm átmérőjű, kör keresztmetszetű acélrúdból készült szondaszár alján van a cserélhető, kúp alakú, 60°-os nyílásszögű, 1,5 cm² vízszintes vetületű csúcs. A csúcs átmérője szélesebb, mint a szondaszár (13,82 mm), így a szár és a talaj között súrlódási ellenállással nem kell számolnunk. A szár felső vége fémtuskóban folytatódik. A fémtuskóba felülről csavarható be az ejtősúlyt vezető szár, amelynek tetején foglal helyet a körbeforgatható írószerkezet. E vezető száron található még az állítható ütközőkarika, amellyel az ejtősúly ejtési magasságát (10, 25 vagy 50 cm) szabályozhatjuk. A szonda súlya az ejtősúly nélkül 1,60 kg.

Az ejtősúly henger alakú, hossztengelyében kifűrt, 1 kg-os vassúly.

b) Az adatok feljegyzésére szolgáló papírszalagot a szondától független egységet képező állvány tartja. A készülékbe



1. ábra

Az összeszerelt szonda. 1. Körbeforgatható írószerkezet. 2. Ütközőkarika. 3. 1 kg-os ejtősúly. 4. Vezetőszár. 5. Fémfűző fogóval. 6. Szondaszár. 7. Szondacsúcs

az elektromos számológépek 5,7 cm széles papírszalagját használjuk.

A komplett műszer vállra akasztható műbőr tokba helyezhető el, tehát könnyen szállítható.

3. A mérés végrehajtása

a) A papírszalagot befűzzük a vezetősínbe, majd a szalagtartó állványt leállítjuk a mérési helyre. Az állványt úgy szabályozzuk be, hogy a papírszalag hossztengelye megközelítően függőleges legyen. A szondát függőlegesen az állvány mellé állítjuk (az állványtól szükséges távolságot az állványon levő vezetőlyuk mutatja) és abban a helyzetben, amikor a szondacsúcs éppen érinti a talaj felszínét, az írószerkezet körbefordításával a szalagon egy vízszintes vonalat húzunk. Ezután a szondát függőlegesen tartva az ejtősúlyt a vezetőszáron felső ütközésig (az ütközőkarikáig) emeljük, majd hirtelen elengedjük. Ezzel egy időben a szondát is el kell engednünk, hogy a súlynak a fémfűzővel való ütközésekor a szonda teljesen szabadon álljon (ne fékezzük a behatolást). Az ütközés után az írószerkezettel a szalagon vízszintes jelet húzunk. A súly ismételt felemelésével és hirtelen elengedésével a mérést addig folytatjuk, amíg a szondacsúcs a talajban eléri a kívánt maximális mélységet. Ter-

mészetesen minden ütés után megjelöljük a papírszalagon az ütésenkénti talajb behatolás hosszát.

A kívánt mélység elérése után a szondát kihúzzuk a talajból, a papírszalagot kivesszük a vezetősínből és a kezdővonal feletti részére ráírjuk a mérés körülményeit (dátum, mérési hely megjelölése és az ejtősúly ejtési magassága). A megfelelő pontosság eléréséhez célszerű a mérést legalább 6 ismétlésben végezni.

b) Az ejtési magasság megválasztása. A képletből láthatóan a penetrométer minden egyes ütéskor annak a talajrétegnek az átlagos ellenállását méri, amelyen a szondacsúcs az ütés hatására keresztülmehet. Minél vékonyabbak ezek a rétegek, vagyis minél kisebb az egy-egy ütéshez tartozó behatolási hosszúság, annál pontosabb adatokat nyerünk. A gyakorlati követelményeket figyelembe véve természetesen nem szükséges, sőt nem is célszerű az ellenállási értékeket ütésenként kiszámolni (az ismétlések nehezen átlagolhatók, a különböző helyeken mért adatsorok nehezebben hasonlíthatók össze).

A méréstől kívánt pontosság szerint elegendő a 2,5 vagy az 5 cm vastag talajrétegek átlagos ellenállásának meghatározása. Ezekre a rétegvastagságokra viszont természetesen annál pontosabb átlagértékeket kaphatunk, minél több ütésből számolunk, vagyis minél több a kívánt rétegvastagságra (2,5 vagy 5 cm) jutó ütések száma. Legcélszerűbb, ha az átlagolni kívánt rétegre 5–10 db ütés jut. Tehát 2,5 cm-es rétegvastagsággal történő számolásnál 2,5–5,0 mm, 5 cm-es rétegvastagságnál pedig 5,0–10,0 mm legyen az átlagos ütéshosszúság. A súly ejtési magasságát ennek a szempontnak a figyelembevételével kell megválasztani.

Minél magasabbról ejtjük le a súlyt, annál mélyebben hatol be a szonda a talajba. A behatolási mélység természetesen erősen függ a talaj adottságaitól (kötöttség, típus, fizikai állapot, nedvességtartalom). Mivel ezek az adottságok a szelvényben rétegenként is nagymértékben változhatnak (hiszen ezért is vizsgáljuk a talaj ellenállását), az ejtési magasságot esetleg mérés közben is változtatni kell. Ilyenkor a szalagon az ejtési magasság megváltoztatásának helyét meg kell jelölni, hogy az adatok értékelésénél ezt figyelembe tudjuk venni. Nem célszerű azonban az ejtési magasság változtatása, ha a szelvényben csak egy, viszonylag vékonyabb, 5–10 cm-es réteg ellenállása tér el lényegesen a többi rétegtől. Mindenesetre az ütéshossz soha se legyen hosszabb több rétegen át, mint az átlagolni kívánt réteg vastagsága (2,5 illetve 5 cm).

1. Az eredmények számolása

a) Aszerint, hogy milyen vastag rétegekre kívánjuk az átlagos ellenállási értékeket meghatározni, a papírszalag alapján kiszámítjuk a 2,5 vagy 5 cm vastag rétegekre eső ütések számát.

A szalagot kiterítjük az asztalra és a felszint jelző vízszintes vonaltól kezdődően 2,5 vagy 5 cm hosszú sávokra osztjuk. A sáv- (réteg-) határokat színes ceruzával bejelöljük.

b) Ezután kiszámítjuk az egy-egy rétegre jutó ütésszámot. Ezt a számítást egytizedes pontossággal végezzük.

A kezdővonalról kiindulva megszámláljuk, hogy a vizsgált rétegben hány egész ütés (vigyázat, nem vonal, hanem ütés, tehát 2–2 vonallal bezárt köz) van. A részütésekből a vizsgált rétegre eső hányadot becsléssel, vagy — főleg a kellő gyakorlat kialakulásáig — számítással határozzuk meg. Az egész ütések számához hozzáadjuk a részütés idejű hányadát és az összeget feljegyezzük.

c) A számítás további menetében a rétegenkénti ütésszám alapján ki kell számolni a rétegen belüli átlagos ütéshosszúságot. Ezt az értéket az 5. köpületben „h” helyére helyettesítve, kapjuk meg a réteg átlagos mechanikai ellenállását.

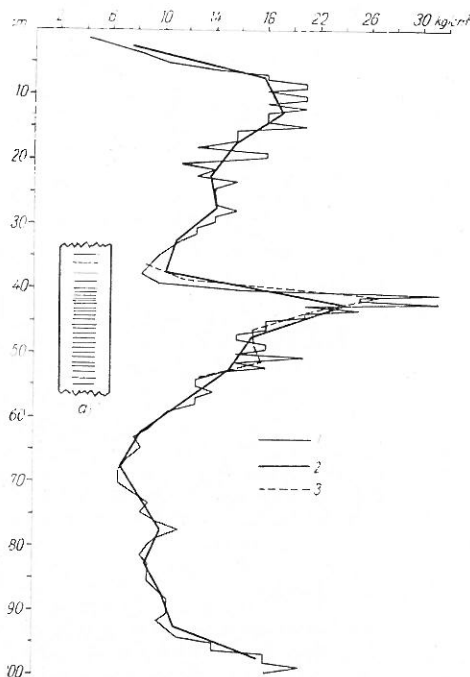
A műszer előzetes kalibrálásával azonban ezeket a számításokat megkönnyíthetjük. A kalibrálás során ugyanis kiszámíthatjuk a lehetséges ütéshosszúságokhoz tartozó ellenállásiértékeket és ezeket táblázatban összefoglalhatjuk.

További könnyítést jelent az, ha a műszer kalibrálását közvetlenül a rétegenkénti átlagos ütésszám és az ellenállás nagysága közötti összefüggésre végezzük el. Ebben az esetben még a rétegenkénti átlagos ütéshosszúság kiszámolását is elhagyhatjuk.

d) Ha mérés közben az ejtési magasságot is változtattuk, annak a rétegnek az értékelése, amelyben a változtatás történt, kissé eltérő módon történik. Ilyen esetben külön kiszámítjuk a réteg kezdetétől az ejtési magasság változtatásáig terjedő hosszúságra és innen a réteg végéig terjedő részre az átlagos ütéshosszúságokat, majd ezek alapján a réteg két részére érvényes átlagos ellenállási értékeket. A két ellenállási érték súlyozott átlagolásával kapjuk meg a rétegre érvényes átlagos ellenállást.

e) A rétegenkénti átlagos ellenállásiértékeket célszerű ábrán feldolgozni. Az egyes rétegek átlagos ellenállásiértékét mindig a réteg közép-vonalát jelző mélységnél jelöljük be az ábrára. A 2. ábrán egy talajszelvény ellenállásgörbéjét tüntettük fel. Az ábrán az ütésenkénti adatok alapján

számolt görbén kívül az 5 cm-es rétegekre vonatkozó átlagos értékek alapján készült görbét is a teljes szelvényre vonatkoztatva, a 2,5 cm-es rétegvastagság alapján számolt görbét pedig a szelvény egy részére vonatkoztatva vettük fel. A három görbe összehasonlításából megállapítható, hogy milyen mértékű pontatlanságot okoz, ha az adatokat nem ütésenként, hanem az azonos vastagságú rétegekre vonatkozó átlagossal dolgozzuk fel.



2. ábra

Egy talajszelvény mechanikai ellenállása az egyes ütések, az 5 cm-es és a 2,5 cm-es (35–55 cm) rétegek átlagolása alapján. 1. Egyes ütések alapján ábrázolva. 2. Az 5 cm vastagrétegek átlagolása alapján számolva. 3. Az 2,5 cm vastag rétegek átlagolása alapján számolva (35–55 cm-ig). a) A szalag arányosan kicsinyített részlete 35–55 cm-ig

f) Tudományos igényű vizsgálatoknál az ismétlések átlagát jelentő ellenállási értékek megbízhatóságát, illetve 95%-os valószínűségű határértékeit (konfidencia-határait) is célszerű kiszámítani. Ilyen esetekben ajánlatos legalább 10 ismétléssel dolgozni.

A számítás menete [4]:

- Az egyes adatokat (x) összeadjuk (Σx).
- Kiszámítjuk az adatok középértékét (\bar{x}), vagyis az összeget osztjuk az ismétlések számával (n),

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

c) Az adatok összegét négyzetre emeljük és osztjuk az ismétlések számával.

$$\frac{(\sum x)^2}{n}$$

d) Az adatokat egyenként is négyzetre emeljük és a négyzeteket összeadjuk ($\sum x^2$).

e) A négyzetek összegéből ($\sum x^2$) levonjuk a négyzetre emelt összegnek és az ismétlések számának hányadosát (c) pont alatti számítás eredménye), vagyis

$$\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}$$

Ez az érték a négyzetes eltérések összege, amit SQ-val jelölünk.

f) Az SQ értékéből kiszámítjuk a középérték hiba-szórását, amit s_x -el jelölünk:

$$s_x = \sqrt{\frac{SQ}{n \cdot (n-1)}}$$

g) Az s_x értéket szorozzuk a t5% értékkel, amelyet a h) pont alatti összeállításból olvashatunk ki. Mindig az ismétlések számánál 1-gyel kisebb értékhez (n-1) tartozó t5% értékkel számolunk.

h) A t5% értékek táblázata

n-1 =	4	5	6	7
a t5% értéke =	2,78	2,57	2,45	2,37

8	9	10	11	12	13
2,31	2,26	2,23	2,20	2,18	2,16

i) Az így kapott értéket hozzáadva, illetve levonva a középértékből, kapjuk meg a konfidencia határokat, amelyek azt jelentik, hogy a valódi középérték (végtelen ismétlésben végzett mérés középértéke) 95%-os valószínűséggel e határértékek között van.

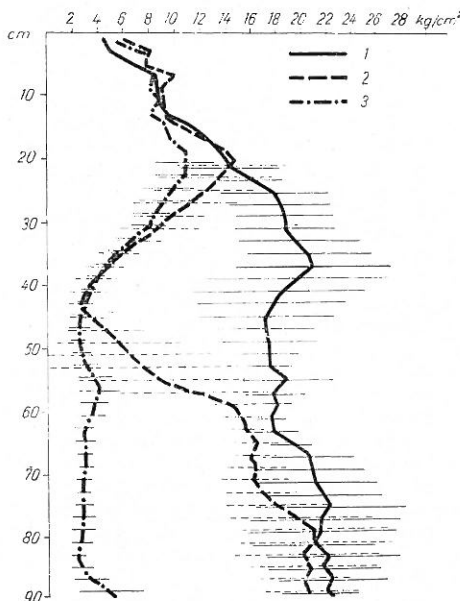
$$\bar{x} \pm t5\% \cdot s_x$$

Az adatok ábrázolásánál a konfidencia-határokat az ellenállási görbét metsző vízszintes vonalakkal tüntetjük fel, amint ez a 3. ábrán látható.

g) Speciális méréseknél szükség lehet esetleg egy-egy ütéshossznak közvetlenül ellenállásra való átszámítására (a már tárgyalt ejtési magasság változtatásának esetén kívül is). Ezt az átszámítást vagy az 5. képlettel oldjuk meg, vagy eleve kiszámítjuk a különböző ejtési magasságok mellett a lehetséges ütéshosszúságok ellenállásértékeit és az adatokból táblázatot szerkesztünk, amivel a továbbiakban minden külön számítást megtakaríthatunk.

h) A talaj mechanikai ellenállását a talaj nedvességtartalma nagy mértékben befolyásolja. Ezért az ellenállásmérést mindig célszerű rétegenkénti nedvességtartalom meghatározással egybekötve végezni és az eredményeknél (vagyis az ábrán) a nedvességtartalom értékeit is feltüntetni.

Összehasonlító méréseknél, ha az összehasonlítandó talajok azonosnak tekinthetők és feltételezhető, hogy nedvességtartalmukban sincsen lényeges különbség (pl. mindkettőn ugyanaz a növény van, vagy mindkettő ugyanolyan régen áll növénytakaró nélkül stb.), a rétegenkénti nedvességtartalom meghatározás nem feltétlenül szükséges. Ilyen esetben azonban az ellenállási értékek abszolút nagysága nem sokat mondó exakt érték, csak a két talaj ellenállásának különbségéből szabad további következtetéseket levonni.



3. ábra

A konfidencia-határok jelölésmódja a talajszelvény mechanikai ellenállását jelentő görbén (példa egy homok-lazítási kísérletről). 1. 20 cm-es szántás. 2. 50 cm-es mélylazítás. 3. 100 cm-es mélylazítás

Összefoglalás

A gyakorlati követelményeknek megfelelő, könnyen szállítható és kezelhető, 1 m-es mélységig használható ejtő súlyos

penetrométert szerkesztettem. Megállapítottam, hogy az e típusú készülékeknél eddig alkalmazott számítási eljárás hibás volt, mert nem vette tekintetbe a szonda mozgásba kerülő tömegének a talajbáhatolás mértékére gyakorolt hatását. A számítási hiba korrigálásával a módszert alkalmassá tettem kvantitatív mérések elvégzésére. Megállapítottam, hogy a mért értékeknek 2,5 vagy 5 cm vastagságú talajrétegekre történő átlagolásával is megfelelő pontosságú képet nyerhetünk a vizsgált talajszelvényben a mechanikai ellenállás változásairól.

Irodalom

- [1] BOGUSLAWSKI, E. V. & LENZ, K. O.: Untersuchungen über mechanische Widerstandsmessungen mit einer Rammsonde auf Ackerböden. Z. Acker- u. PflBau. **106**. 245—256. 1958.
- [2] DVORACEK, M.: A homoktalaj mélylazításának jelentősége a növénytermesztésben. Talajtermékenység. **1**. 108—125. 1966.
- [3] SEKERA, F.: Gesunder und kranker Boden. Parey. Berlin. 1951.
- [4] SVÁB, J.: Biometriai módszerek a mezőgazdasági kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 1967.
- [5] ZELENYIN, A. I.: Rezanyije gruntov. Szel'hozgiz. Moszkva. 1959.

Érkezett: 1967. október 7.

Drop-Weight Penetrometer for Measuring the Mechanical Resistance of the Soil on the Field

M. DVORACEK

Research Institute of Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

Summary

The practical requirements (simplicity, great depth of action, easy transportability) raised on the various types of penetrometers are met best by the drop-weight penetrometers. This type of penetrometer can be used both for qualitative and quantitative measurements. The method of the calculation of the mechanical resistance of the soil used up to now was incorrect, since only the mass of the dropped weight, the dropping height, the size of the probe tip and the depth of penetration were taken into consideration. At the same time no attention was paid to the influence of the mass of the probe on the penetration depth, although the working force, i.e. the energy of motion of the probe and consequently the depth to which the probe penetrates vary even with the same drop weight and the same dropping height, depending on the mass of other moving parts of the probe.

We corrected the calculations according to the preceding and constructed a drop-weight penetrometer having a depth of action of 1 m. We chose the characteristics of the penetrometer so that the measurement can be performed with the required accuracy even in extreme cases by changing solely the dropping height (mass of the dropped weight: 1 kg, variable dropping height: 50, 25 and 10 cm, cross sectional area of the probe tip with a 60-degree orifice: 1,5 cm²).

We found that the calculation of averages from the measured values for 2,5 or

5 cm thick soil layers also offers sufficiently accurate information on the changes in the mechanical resistance within the soil profile under examination.

The calculation of the results can be facilitated considerably if the values of the mechanical resistance (in kg/cm²) pertaining to the possible numbers of impacts are calculated in advance for the layer thickness whose average value is wanted, grouped according to the various dropping heights and collected in tables. Thus the evaluation consists only of the establishment of the number of impacts pertaining to the layer.

Figure 1. The assembled probe. 1. rotatable recorder, 2. stop ring, 3. 1-kg drop weight, 4. guide shaft, 5. metal block with grip, 6. probe shaft, 7. probe tip.

Figure 2. Mechanical resistance of a soil profile on the basis of the single impacts and the average of the 5-cm and 2,5-cm (35 to 55 cm) layers. 1. illustrated on the basis of the single impacts, 2. calculated on the basis of the average of the 5 cm thick layers, 3. calculated on the basis of the average of the 2,5 cm thick layers (from 35 to 55 cm), a) the proportionally scaled-down detail of the tape from 35 to 55 cm.

Figure 3. Mode of indication of the coincidence limits on the curve showing the mechanical resistance of the soil profile (example taken from a sand loosening experiment). 1. 20-cm ploughing, 2. 50-cm deep-loosening, 3. 100-cm deep-loosening.

Determinación de la resistencia mecánica del suelo en condiciones naturales con penetrómetro de peso caído

M. DVORACEK

Instituto Experimental de Suelos y Agroquímica de la Academia de Ciencias de Hungría, Budapest

Resumen

Entre los distintos tipos de dinamómetros que se necesitan en la práctica (simplicidad, eficacia de profundidad, facilidad de transportación) el primer lugar corresponde al penetrómetro de peso caído. Este tipo de dinamómetro se puede utilizar no sólo para las determinaciones cualitativas sino cuantitativas también. No obstante, los cálculos utilizados hasta ahora fueron realizados erróneamente, puesto que para la valoración de la resistencia mecánica del suelo fijaron la atención sólo sobre la masa del peso caído, la altura de la caída, el tamaño del pico de la sonda y la profundidad de penetración. No se valoró la influencia de la masa de la sonda sobre la profundidad de penetración. Aunque la potencia, es decir la energía de movimiento de la sonda (y con ésta también la profundidad de penetración de la misma), puede variar dependiendo de las otras piezas en movimiento de la sonda, en la misma altura y peso de caída.

En base de lo arriba mencionado, las valoraciones fueron corregidas y fué preparado un dinamómetro de peso caído que se puede utilizar en un metro de profundidad. Las características del penetrómetro fueron elegidas del tal modo que exclusivamente por la variación de la altura de caída, aún en casos extremos, se pueden realizar las determinaciones con precisión conveniente (la masa de peso caído 1 kg., la altura de caída variable 50, 25, y 10 cm., 1,5 cm² de superficie transversal del pico de la sonda de abertura de 60°).

Fué determinado que si la sonda penetra al suelo entre 2,5 y 5 cm. se deben promediar estos valores y se pueden obtener resultados apropiados del cambio de la resistencia mecánica con la capa del suelo examinado.

La valoración de los resultados se puede facilitar en considerable grado, si anteriormente se ha preparado una tabla con las distintas alturas de caída expresadas en kg./cm² de resistencia mecánica. De este modo la valoración se limita sólo a la determinación del número de golpes, de la misma altura, en la capa del suelo.

Figura 1. Sonda montada. 1. aparato registrador móvil, 2. anillo de tope, 3. peso de caída de 1 kg. 4. barra de conducción, 5. yunque con asaderas, 6. barra de la sonda, 7. pico de la sonda.

Figura 2. La resistencia mecánica en un suelo (profundidad entre 35—55 cm.) en base del promedio de 2,5—5 cm. de profundidad de golpe. 1. expresado en base de golpes, 2. expresado en promedio de 5 cm. de profundidad de golpe. 3. expresado en promedio de 2,5 cm. de profundidad de golpe, a) reducido a una franja de 35—50 cm.

Figura 3. Método para expresar el límite de confianza de la resistencia mecánica de las capas del suelo en una curva (ejemplos de una experiencia de un suelo arenoso) 1. labranza en 20 cm., ahuecamiento en 50 cm., 3. ahuecamiento en 100 cm.

Ударный пенетромтр для измерения механического сопротивления почвы в полевых условиях

М. ДВОРАЧЕК

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии А. Н. Венгрии, Будапешт

Резюме

Среди динамометров различных типов практически требованиям (простота, глубина определения, легкость транспортировки) более всего удовлетворяют ударные пенетромстры. Ударный пенетромтр может использоваться не только для качествен-

ных, но и для количественных измерений. Применяемый до сих пор расчетный метод был ошибочным, так как при вычислении механического сопротивления почвы принималась во внимание масса гири, высота падения гири, размер конуса зонда и глу-

бина погружения. При расчетах не учитывалось влияние массы зонда на глубину погружения. А как известно, сила производящая работу, или двигательная энергия зонда и, благодаря этому, глубина его погружения, при одинаковой массе груза и высоте падения, изменяется в зависимости от массы других частей зонда, участвующих в движении.

Расчеты корректировались соответственно вышесказанному и в результате был сконструирован легко обслуживаемый, производящий измерение до 1 м, ударный пенетрометр. Показатели пенетрометра были выбраны таким образом, что изменяя только высоту падения можно проводить измерения во всех случаях и с соответствующей точностью (масса падающего груза равна 1 кг, высота падения может изменяться в пределах 50, 25 и 10 см, площадь поперечного сечения конуса зонда с 60° прорезом равна $1,5 \text{ см}^2$).

Было установлено, что усредняя полученные данные для слоя почвы мощностью 2,5 или 5 см можно получить довольно точное представление о изменении механического сопротивления почвы исследуемого почвенного разреза.

Расчеты в значительной степени облег-

чаются, если мы для слоя соответствующей мощности, группируя по различным высотам падения груза, заранее вычислим и сведем в таблицы величины механического сопротивления почвы (кг/см^2), относящиеся к определенному количеству ударов. При таком способе оценка заключается только в определении количества ударов, приходящихся на определенный слой.

Рис. 1. Смонтированный зонд. 1. Записывающая система с круговым движением. 2. Упорное кольцо. 3. Груз весом в 1 кг. 4. Проводящий стержень. 5. Металлический выступ с зазубриной. 6. Стержень зонда. 7. Конус зонда.

Рис. 2. Механическое сопротивление почвы на основании отдельных ударов в среднем для 5 см-ых и 2,5 см-ых слоев (35—55 см). 1. Изображается на основании отдельных ударов. 2. Расчитано на основании средних данных для слоя мощностью в 2,5 см (до 35—55 см). а. пропорционально уменьшенная часть ленты (35—55 см).

Рис. 3. Способ маркировки конфиденциальных границ на кривой, обозначающей механическое сопротивление почвы (пример из опыта по рыхлению песка). 1. Вспашка на глубину 20 см. 2. Рыхление на глубину 50 см. 3. Рыхление на глубину 100 см.